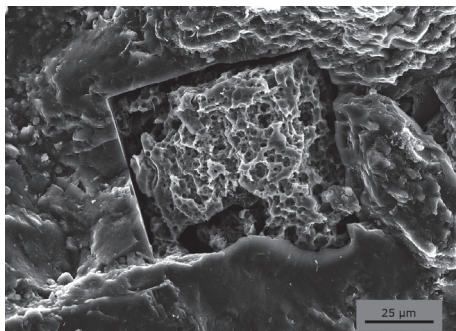


A Gyöngyösoroszi térségében található bányabérci meddőhányó környezetászánytani és geokémiai vizsgálata

c. doktori értekezés tézisei

FARKAS IZABELLA MELINDA



EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

Földtudományi Doktori Iskola

Vezető: Dr. Gábris Gyula, egyetemi tanár

Földtan–Geofizika Doktori Program

Vezető: Dr. Mindszenty Andrea, egyetemi tanár

Témavezetők: WEISZBURG TAMÁS, habil. egyetemi docens

SZABÓ CSABA, habil. egyetemi docens



ÁSVÁNYTANI TANSZÉK

Budapest

2012

BEVEZETÉS

A bányászatra szükség van, mivel a mindennapi életünkhöz hozzátartoznak a hagyományos és modern technológiák termékei (járművek, számítógépek, telefonok stb.). Hosszasan lehetne sorolni azokat a termékeket, amelyek előállításához mind-mind szükség van az ércekre és más nyersanyagokra. Az ércbányászat és -feldolgozás során nagymennyiségű meddő- és hulladékanyag képződik. Észak-Amerika jelenleg tízszer több szilárd bányahulladékot termel, mint háztartási hulladékot (JAMIESON 2011). Ezek kezelését sok helyen ma már szigorú, természettudományos kutatási eredményeket is felhasználó jogszabályok rögzítik. A termelt meddő és hulladék nemcsak nagy térfogata miatt okoz gondot, hanem azért is, mert tartalmazhat a felszínen reakcióképes ásványokat. A reakciók következtében környezeti ásványtani, és ebből adódóan környezeti geokémiai folyamatok indulhatnak el. Kiemelten igaz ez a szulfidos ércekre, amelyek magas (kén)savképző és toxikusfém-szennyezési potenciállal rendelkeznek. A bányahulladékok tárolása és környezettől való elszigetelése számos kérdést vet fel. Nem véletlen, hogy az elmúlt évtizedben a bányászati hulladékok kezelése széleskörű érdeklődésre tart számot. Az Európai Parlament és Tanács 2006-ban adta ki erre vonatkozó direktíváját (2006/21/EK).

A téma ásványtani és geokémiai időszerűségét az is jelzi, hogy az *Elements* magazin 2011. decemberi száma (HUDSON-EDWARDS *et al.* 2011) a bányászati hulladékokkal foglalkozott. LOTTERMOSER (2010) bányászati hulladékokról írt összefoglalója kilenc éven belül immár a harmadik kiadásnál tart. Számos kutató foglalkozott és foglalkozik a bányameddők mállási folyamataival és ennek termékeivel. Amikor a környezeti geokémiai folyamatok kerülnek előtérbe, akkor e folyamatokban a szilárd fázisok szerepe meghatározó és ezek nélkül minden kockázatelemzés erősen hiányos. Ennek megfelelően a kármentesítések egyik legalapvetőbb kiindulási pontja az ásványos összetevők vizsgálata, amelyek pontos ismerete nélkül a vizsgált területen létrejövő későbbi folyamatok prognosztizálása igen nagy pontatlansággal terhelt.

A szulfidérces meddőhányók esetében különösen fontos szerep jut a képződő másodlagos szulfátásványoknak, amelyek képződésükkor megkötik, kivonják a környezeti folyamatokból a savat és a fémek egy részét, csökkentve ezzel a környezetre, a vizekre, az élővilágra jutó terhelést. E szilárd fázisok azonban változatos stabilitásúak. Sokuk a környezet állapotának (pl. pH, hőmérséklet, nedvességtartalom) már viszonylag kis változására is instabillá válik; ezek bomlását újabb savképződési és nehézfém-kilépési folyamatok kísérik. E szulfátok nélkül tehát alulbecsülhetjük egy meddőhányó környezeti kockázatát. Más szulfátok ugyanakkor széles környezeti tartományban stabilak. Ha a meddőhányó jellemzésekor az utóbbiakban raktározott savat és fémeket is számoljuk, jelentősen túlbecsülhetjük egy-egy meddőhányó környezeti kockázatát. Látható, hogy a környezeti ásványtani értékelés nélkül, pusztán kémiai alapokon állva, egy kármentesítés mind alul-, mind túltervezett lehet.

Hazánkban főleg a kémiai komponenseket vizsgálják egy-egy kármentesítés alkalmával és a munkák nagy része csak ezekkel a szempontokkal foglalkozik. A bányameddők

környezetszennyező hatása és ezeknek a hatásoknak a kiküszöbölése tehát fontos környezet-
ásványtani problémákat vet föl.

A gyöngyösoroszi-mátrászentimrei ércbányászat során és utána kialakult környezet-
szennyezés Magyarország egyik legismertebb és legtöbbet vizsgált környezeti problémája.
Számos környezeti hatástanulmány készült a területről. Ezek a vizsgálatok főleg kémiai,
geokémiai (pl. HORVATH & GRUIZ 1996, FÜGEDI 2006) valamint biológiai jellegűek (pl.
HORVATH & GRUIZ 1996, TAMÁS & KOVÁCS 2005, FEIGL *et al.* 2010) voltak. A szennyező
anyagokat (nehézfémek és fémek), a szennyezett területek mértékét, a potenciális
szennyező forrásokat vizsgálták. MÁDAI (2007) doktori értekezésének a címe ugyan
környezetásványtanra utalt, de tartalmában a szilárd fázisok elemzése háttérbe szorult,
következtetései leginkább általános környezetgeokémiai vonatkozásúak.

Dolgozatomban a savas meddőhányókon képződött másodlagos szulfátok ásványtani
és ebből következő geokémiai vonatkozásaival foglalkoztam. Munkám során a hangsúlyt az
ásványtani jellemzésre fektettem és a geokémiai következtetéseket az ásványtani eredmények
tükreben vontam le.

A másodlagosan képződött ásványok három nagy csoportját különítettem el a területen
és ezeket jellemzem a dolgozatban: a jarositokat, a vas-oxid-hidroxidokat és vas-oxid-
hidroxid-szulfátokat, valamint a vízdoldható szulfátokat. Azonosításukkal információt kapunk
a pH-viszonyokról és a képződési környezetük fém- és szulfátkoncentrációjáról, vagyis
közvetett geokémiai információkat hordoznak. Bízom benne, hogy a meddőhányón zajló
folyamatok részletes megismerésével hozzájárulok hasonló jellegű meddőhányók várható
hatásainak jövőbeni jobb előrejelzéséhez.

CÉLKITŰZÉSEK

A gyöngyösoroszi bányászati területen egy nagyméretű kármentesítési program keretében a
valamikor bányászati termékek teljes elhordását, illetve egyes meddőhányók környezettől
való teljes elszigetelését tervezik és ezek egy része már meg is valósult. E program keretében
kezdődött el a bányabérci meddőhányó elhordása is 2006-ban. A teljes körű rekultiváció során
a kb. 40 éves meddőhányó anyagát, melynek térfogatát 26000 m³-re becsülték (CSÖVÁRI
2004), a Száraz-völgyi zagytározón helyezték el. A meddőhányó anyagából a kármentesítés
tervezésekor az eseti mintavételek általában a felszínről történtek és e mintákból korábban
csak részleges kémiai vizsgálatok készültek.

Munkám célja az volt, hogy az ásványtani vizsgálatokon keresztül átfogó képet adjak
egy szulfidos meddőhányón zajló folyamatokról. Az ásványok azonosítása és jellemzése
lehetővé tette azoknak a potenciális veszélyeknek a feltárását, melyeket ezen ásványfázisok
további mállása eredményez. Nem titkolt célom volt az, hogy a részletes ásványtani
vizsgálatokon keresztül hangsúlyozzam ezek fontosságát és ösztönözsem a jövőben az ilyen
jellegű vizsgálatok elvégzését. A meddőhányó rekultivációja után a terület további ásványtani
vizsgálatokra már nem lesz hozzáférhető, ezért „adatmegőrzési” szerepe is van a munkának.

Ásványtani vizsgálataim eredményeinek bemutatásán keresztül szeretném hangsúlyozni azt, hogy a másodlagosan képződött ásványok mennyire érdekfeszítő és elengedhetetlen információkat hordoznak a meddőhányón zajló átalakulásokról. Ki kell emelnem, hogy ezen ásványok azonosítása és pontos jellemzése nem tartozik az ásványtani rutinfeladatok közé. Ennek oka – egyebek között – a nagyon finom szemcseméret, a már a légköri nedvességtartalom változásaira is érzékeny fázisok jelenléte, egyes fázisok kis mennyisége, rossz kristályossági foka, vízdíhatósága stb. Mindezek miatt a jelenlévő ásvány-fázisok azonosítása, valamint a minták szövetében – és így a környezeti folyamatokban – elfoglalt helyük leírása egy meddőhányó anyagában kihívást jelent.

Vizsgálataim lehetővé tették a folyamatok általánosítását és hozzájárult ahhoz, hogy egy meddőhányó pillanatnyi állapotának ismeretében a jövőben várható környezetgeokémiai folyamatokat megalapozottabban jelezzük előre.

ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A munkám során alkalmazott módszerek több csoportra oszthatók. Először is a minták reprezentativitásának érdekében a *mintavételt* körültekintően kellett végeznünk, hogy a későbbi eredmények tükrében levont következtetések a meddőhányó teljes egészét jellemezzék. A rekultivációs munkálatokkal feltárt meddőhányó egyedülálló lehetőséget kínált, hogy teljes szelvényéből gyűjthessek mintákat. A minták gyűjtése pontszerűen történt, a felszíntől változó mélységben és ezek makroszkópos tulajdonságai határozták meg a gyűjtésüket. Esős és hosszú száraz időszak után is gyűjtöttünk mintát a területről.

A minták szétválogatása makroszkópos tulajdonságaik alapján történt, majd a *sztereomikroszkópos* vizsgálatok után, újabb részletes vizsgálatokra készítettem elő a mintákat. Néhány minta esetében *szemcseméret szerinti elválasztást* alkalmaztam, a kisméretű (1–5 μm) jarosit dúsítására. Az ioncserélt vízzel történő nedves szitálás és a legkisebb frakció esetében az ülepitést alkalmazva hét szemcseméret-frakciót különítettem el (>500 μm , 500–250 μm , 250–125 μm , 125–63 μm , 63–32 μm , 32–2 μm és <2 μm). Minden mintáról, úgy az összmintáról mind a szemcseméret szerint különválasztott frakciókról *röntgenpor-diffrakciós* mérés (86 db) készült.

A hagyományos optikai mikroszkópi vizsgálatokat (sztereomikroszkóp, *áteső és ráesőfényes polarizációs mikroszkóp*) követően mintegy 100 darab egyedileg preparált szemcséről készült *pásztaó elektronmikroszóp* (SEM) morfológiai vizsgálat, majd ugyanezekről a szemcsékről csiszolás és polírozás után félkvantitatív *lokális kémiai elemzés* (SEM-EDX). A későbbiekben a mérési pontokban *Raman-spektroszkópia* segítségével is mértem. A szemcsék mellett vékonycsiszolatok és ércsiszolatok segítségével vizsgáltam a kőzetfelületeken kivált, másodlagosan képződött bevonatokat. Az ércsiszolatok (10 db) elkészítésénél figyelembe vettem azt, hogy a kőzetfelületen jelen legyenek a terület mintáira jellemző másodlagos szulfát- illetve vas-oxid-hidroxidos bevonatok. Az ércsiszolatokon SEM-EDX

és Raman-spektroszkópiás méréseket végeztem. Összesen 398 pontban készültek SEM-EDX mérések, valamint 416 db Raman-spektrumot rögzítettem és értelmeztem.

Néhány, szemcseméret szerint különválasztott mintán fő- és nyomelemösszetételt mértünk (*ICP-AES* és *ICP-MS*) a *sorozatos oldás* módszerét követően, valamint a 2 µm alatti frakció néhány mintáján *vizes kioldás* után szintén mértük a fő- és nyomelemtartalmat. A vizes kioldás 2-es pH-jú, desztillált vízzel hígított salétromsavval történt.

TÉZISEK

1. A bányabérci meddőhányó vizsgálatával egy több évtizedes természetes laboratóriumot sikerült megkutatni és az ezen eredményekből levont következtetések jobban általánosíthatók az ilyen jellegű szulfidos meddőhányókban zajló folyamatok előrejelzésére, mint a korábbi, pontszerűen, döntően felszínről gyűjtött minták vizsgálatainak eredményei. Az is bebizonyosodott, hogy a finomléptékű ásványos fázisösszetétel-vizsgálatok nélkülözhetetlen információkat adnak a területen zajló folyamatokról.

2. Kimutattam, hogy a meddőhányón tömegesen megtalálható jarositok a jarosit–hidrónium-jarosit szilárd elegysor tagjai. Ez az eredmény azért fontos, mert a hidróniumhelyettesítés a K-os szélső taghoz képest instabilabb jarositot eredményez. A jarositok kis szemcsemérete is hozzájárul a reakcióképességük növekedéséhez.

3. Megállapítottam, hogy a rendelkezésre álló nagymennyiségű kálium ellenére hidróniumjarosit képződött, ami intenzív oxidációs folyamatokra utal.

4. Megállapítottam, hogy a plumbojarosit mindig anglesit vagy galenit körül képződik. A galenitek körül azonosított anglesitszegély növeli ugyan a galenit ellenállóságát, de hosszú távon az erőteljes oxidáció felemészti a galenitet. Az anglesit körül minden esetben ott volt a plumbojarosit, mely 4–5 fölötti pH-n kibocsátja a szerkezetében kötött ólmot.

5. Raman-spektroszkópia és EDX-SEM segítségével sikerült kimutatni, hogy a kőzet-felületeken található vöröses-barnás, esetenként beszáradt gél kinézetű kérgék összetevői a schwertmannit és a finomszemcsés, rosszul kristályos goethit voltak. A schwertmannitok Raman-spektroszkópiás méréseivel sikerült először kimutatni ezt az ásványt magyarországi lelőhelyről, és egyben ez az első, természetes schwertmannitról közölt Raman-spektrum.

6. A mérésekből számolt Fe/S atomarányok és a Raman-spektroszkópiás eredmények alapján a bányabérci schwertmannitok Fe/S atomaránya 4,2-es értéktől kezdődik, szemben az irodalomban közölt 4,6-os (BIGHAM *et al.* 1990, 1996) illetve 4,3-as értékekkel (YU *et al.* 1999), ami a közeg nagy szulfáttartalmából adódhat.

7. Megállapítottam, hogy a schwertmannit-goethit átalakulás nem egy éles vonal mentén történt. A goethit először pontszerűen, „gócokban” jelenik meg a mintákban, majd fokozatosan válik a domináns alkotóvá a minta egyes foltjaiban, ahol látszólag a porozítás is nagyobb volt. Minden vizsgált goethitnek mérhető szulfáttartalma volt.

8. Kimutattam, hogy a vízdoldható szulfátokban nehézfémek voltak kötötten. Mivel ezek a szulfátok rövid életűek (a soron következő esőzésekig maradnak meg szilárd formában), ezek a megkötött nehézfémek könnyen visszakerülnek a környezetbe.

9. A mintastabilitás ellenőrzéseként elvégzett vizsgálatok során a minták vízdoldható szulfátjaiban ásványtani változásokat mutattam ki három év elteltével. A kimutatott változások igazolták azt a feltételezést, hogy amikor a vízdoldható szulfátok ásványos összetételét mérjük, tulajdonképpen egy pillanatnyi állapotot mérünk. Mivel kémiaijuk a pórúsvizek összetételét tükrözi, vizsgálatukkal közvetett információkat nyerünk a meddőhányó pórúsvizének összetételéről.

10. A meddőhányón, illetve a laboratóriumi nedves szitálás utáni finomfrakcióban kivált vízdoldható szulfátok közötti lényeges különbség, hogy csak az utóbbiakban találtam tiszta vas-szulfátot. A meddőhányón gyűjtött vízdoldható szulfátokban a Fe helyettesítő elemként volt jelen a halotrichit-csoport ásványaiban, illetve az epsomitban és az alunogénben. A vízdoldható szulfátmintákon észlelt átalakulási folyamatok oxidációra, semlegesítésre (romboklás–coquimbit átalakulás), hidratációra (romboklás–coquimbit átalakulás) és esetenként dehidratációra (halotrichit-csoport–copiapit átalakulás; epsomit–hexahidrit–pentahidrit átalakulás) utalnak. A laboratóriumi körülmények között képződött új fázisok igazolják azt, hogy elengedhetetlen a minták begyűjtés utáni azonnali vizsgálata.

11. A sorozatos kioldás módszerét alkalmazva kimutattam, hogy a meddőhányó anyaga magas koncentrációban tartalmazott toxikus elemeket, de ezeknek csak egy része volt mobilizálható formában. A teljes kioldás eredményei alapján a tárgyalt elemek koncentráció szerinti sorrendje a meddőhányó anyagában a következő volt: $\text{Fe} > \text{S} > \text{Al} > \text{Ca} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Sb} > \text{V} > \text{Cu} > \text{Ti} > \text{Cd}$. Ez a sorrend megváltozik, ha a mobilizálhatóságot vesszük figyelembe: $\text{Ca} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{As} > \text{Cu} > \text{S} > \text{Fe} > \text{Pb} > \text{Ti} > \text{V} > \text{Al} > \text{Sb}$, és valójában ez utóbbi sorrend nyújt reális képet az elemek viselkedéséről. Ezáltal megerősítést nyert az, hogy ha a meddőhányók veszélyessége és az elemek biológiai hozzáférhetősége a fő kérdés, akkor nem elég a teljes elemkoncentrációt mérni, hanem a sorozatos oldás alkalmazása szükséges.

12. A SEM-EDX és a Raman-spektroszkópia együttes alkalmazásával kimutattam, hogy a bányabérci meddőhányó fő arzénforrását az arzéntartalmú piritek jelentik.

13. A pirit viszonylag nagy mennyisége a meddőben azt jelzi, hogy a savasodás folyamata fél évszázad elteltével is folytatódik, várhatóan az elhordás és újbóli lerakás után is. Ugyancsak hozzájárulnak a savasodáshoz a Fe-tartalmú bányabérci szfalerittek.

14. A bányabérci meddőhányón azonosított nagymennyiségű jarosit és a sorozatos oldás eredményei alapján igazolódott, hogy alacsony pH-n a jarosit stabil, ami azt is jelenti, hogy a magában foglalt toxikus elemeket stabilizálja. Az eredmények tükrében kijelenthető, hogy egy meddőhányó környezeti kockázatának dinamikáját is szükséges vizsgálni, nem elég egy statikus, a piritet és a teljes kémiai összetételt figyelembe vevő megközelítés.

KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálati eredmények arra világítottak rá, hogy a víz–ásvány kölcsönhatások mikro-környezetekben jelentkeznek és az ásványos összetétel finomléptékű vizsgálatai adnak csak információt ezekről a folyamatokról. A meddőhányó szulfidjainak bomlása során nagymennyiségű Zn, Cd, As, Cu, Fe és Pb szabadul ki. A területen található pirittek viszonylag nagy mennyisége azt jelzi, hogy a savasodás folyamata még folytatódik.

A jarositok, mint a másodlagos szulfátok egyik legfontosabb képviselői a területen, tömeges jelenlétükkel arra utaltak, hogy az oxidatív folyamatok 50 év után is zajlottak még és a helyenként hintésszerűen, máshol csomókban található pirit bomlásából nagy mennyiségű, a jarosit–hidróniumjarosit folytonos elegysorba tartozó ásványok keletkeznek. A meddőhányó anyagának környezeti kémiai fejlődése során a pirit mennyiségének csökkenésével a következő évtizedekben a pH növekedésére kell számítani. A savas körülmények között stabil jarosit a pH emelkedésével instabillá válik és a megkötött toxikus elemek (pl. Pb, As) kiszabadulhatnak a szerkezetből.

A meddőhányón gyűjtött kőzetek felületén található vöröses bevonatok összetétele schwertmannit és goethit, helyenként pedig jarosit–goethit keveréke volt, ami szintén savas, szulfátgazdag közeg jelenlétét igazolta. A schwertmannit rosszul kristályos goethitté való átalakulása során protonok szabadulnak fel, ezért ez a folyamat is pH-csökkenést eredményez. Az átalakulás először pontszerűen, „gócokban” jelentkezett, majd kisebb foltokban a goethit domináns alkotóvá vált főként azokon a részeken, ahol látszólag a porozitás is nagyobb volt. A minták goethitjei szulfáttartalmúak voltak.

A vizsgált területen azonosított vízzoldható szulfátminták nagymennyiségű nehézfém-tartalmuk miatt – annak ismeretében, hogy ezek a vízzoldható szulfátok rövid életűek – fontos szennyezőforrást képviseltek. Összetételük a pórusvizek pillanatnyi állapotáról szolgáltat közvetett információkat. Azt, hogy vizsgálatukkal csak egy pillanatnyi állapotról kapunk információt, a három év elteltével megismételt elemzések is igazolták, melyek során átalakulásokat azonosítottam.

Az sorozatos oldás eredményei arra világítottak rá, hogy ha a meddőhányók veszélyessége és az elemek biológiai hozzáférhetősége a fő kérdés, akkor nem elég a teljes

elemkoncentrációt mérni, hanem a sorozatos oldás alkalmazása szükséges, mivel ez ad valós képet a meddőhányón található elemek mobilizálhatóságáról. A kármentesítés során alkalmazott kezeléshez elengedhetetlen a toxikus fémek mobilizálhatóságának ismerete.

IRODALOMJEGYZÉK

- BIGHAM, J.M., SCHWERTMANN, U., CARLSON, L. & MURAD, E. 1990: A poorly crystallized oxyhydroxysulfate of iron formed by bacterial oxidation of Fe(II) in acid mine waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **54**, 2743–2758.
- BIGHAM, J.M., SCHWERTMANN, U., TRAINA, S.J., WINLAND, R.L. & WOLF, M. 1996: Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **60/12**, 2111–2121.
- FEIGL, V., GRUIZ, K. & ANTON, A. 2010: Remediation of metal ore mine waste using combined chemical- and phytostabilization. *Periodica Polytechnica – Chemical Engineering* **54/2**, 71–80.
- FÜGEDI U. 2007: A Gyöngyösorszi környezetszennyezés geokémiai vizsgálata. Doktori értekezés. Miskolci Egyetem, Földtan-Teleptani Tanszék. Kézirat, 107 p.
- HORVATH, B. & GRUIZ, K. 1996: Impact of metalliferous ore mining activity on the environment in Gyöngyösorszi, Hungary. *Science of the Total Environment* **184**, 215–227.
- HUDSON-EDWARDS, K. JAMIESON, H.E. & LOTTERMOSER, B.G. (szerk.) 2011: Mine wastes. *Elements* **7/6**, 361–432.
- JAMIESON, H. 2011: Geochemistry and mineralogy of solid mine waste: essential knowledge for predicting environmental impact. *Elements* **7/6**, 381–386.
- LOTTERMOSER, B.G. 2010: Mine Wastes. Characterization, Treatment and Environmental Impacts. 3. kiadás. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 393 p.
- MÁDAI V. 2007: A Gyöngyösorszi flotációs meddő környezetászánytani vizsgálata. PhD értekezés, Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézete. Kézirat, 110 p.
- TAMÁS, J. & KOVÁCS, E. 2005: Vegetation pattern and heavy metal accumulation at a mine tailing at Gyöngyösorszi, Hungary. *Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen* **60C**, 362–367.
- YU, J.Y., HEO, B. CHOI, I.K., CHO, J.P. & CHANG, H.W. 1999: Apparent solubilities of schwertmannite and ferrihydrite in natural stream waters polluted by mine drainage. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **63/19–20**, 3407–3416.
- 2006/21/EK: Az Európai Parlament és a Tanács 2006/21/EK irányelve az ásványinyersanyag-kitermelő iparban keletkező hulladék kezeléséről és a 2004/35/EK irányelv módosításáról, 2006. március 15. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, **L102** (2006.4.11.), 15–33.

A KUTATÁSI TÉMÁBAN EDDIG MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK LISTÁJA

SZAKCIKKEK:

1. **FARKAS I.M.** & WEISZBURG T. (2009): A bányabérci meddőhányó (Mátra) jarositjainak ásványtani jellemzése és környezeti szerepe. *Földtani Közlöny* **139/4**, 379–394.
2. **FARKAS, I.M.**, WEISZBURG, T.G., PEKKER, P. & KUZMANN, E. (2009): A half-century of environmental mineral formation on a pyrite-bearing waste dump in the Mátra Mountains, Hungary. *The Canadian Mineralogist* **47/3**, 509–524.

KIVONATOK KONFERENCIAKIADVÁNYOKBAN:

1. **FARKAS, I.M.** & WEISZBURG, T.G. (2010): Jarosites as indicator minerals for acidic conditions in Bányabérc waste dump (Mátra Mts., Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series* **6**, 337. (20th IMA General Meeting, Budapest, 2010. augusztus 21–27.)
2. JÁNOSI, M., **FARKAS, I.M.** & WEISZBURG, T.G. (2010): Comparison of jarosite-group minerals formed on surface and subsurface environment of the abandoned base metal mine, Mátraszentimre – Gyöngyösoroszi (Mátra Mts., Hungary). *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series* **6**, 418. (20th IMA General Meeting, Budapest, 2010. augusztus 21–27.)
3. **FARKAS, I.M.** & WEISZBURG, T.G. (2009): Mineralogy and chemical composition of metal mining waste dump samples. *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* **155**, 57. (MINPET 2009 és 4th Mineral Sciences in the Carpathians Conference, Budapest, 2009. szeptember 7–11.)
4. **FARKAS, I.M.**, WEISZBURG, T.G., VÁCZI, T. & PEKKER, P. (2008): Secondary mineral formation on a pyrite-bearing mine waste dump. (33rd International Geological Congress, Oslo, 2008. augusztus 6–14.)
5. **FARKAS, I.M.**, PEKKER, P., WEISZBURG, T. & KUZMANN, E. (2007): Environmental mineral formation on an old pyrite bearing mine waste dump in Mátra Mts., Hungary. *Frontiers in Mineral Sciences, Abstract Book*, 143. (Cambridge, 2007. június 26–28.)
6. **FARKAS I.M.**, PEKKER P. & FÖLDING G. (2007): A bányabérci pirites meddőhányó környezeti hatása ásványtani vizsgálatok alapján. XXXVIII. Ifjú Szakemberek Ankétja, p. 50. (Bakonybél, 2007. március 30–31.)

TUDOMÁNYOS INTÉZETEK BEN ÉS RENDEZVÉNYEKEN TARTOTT SZAKMAI ELŐADÁSOK:

1. **FARKAS IZABELLA**, PEKKER PÉTER, WEISZBURG TAMÁS, KUZMANN ERNŐ, FÖLDING GÁBOR: Környezeti ásványtani megfigyelések a bányabérci pirites meddőhányón. Téli Ásványtudományi Iskola Balatonfüred, 2007. január 19–20.
2. **FARKAS IZABELLA**, WEISZBURG TAMÁS: Ásványtani megfigyelések a jarosit csoportban. Téli Ásványtudományi Iskola, Balatonfüred, 2008. január 18–19.
3. **FARKAS IZABELLA**: Secondary mineralogy of a metal mining waste dump in the Gyöngyösoroszi area, Northeast Hungary. Bécsi Tudományegyetem, Ásványtani és Kristálytani Intézet, 2008. május 23.
4. **FARKAS IZABELLA**, VÁCZI TAMÁS, PEKKER PÉTER, WEISZBURG TAMÁS: Rejtőzködő vas-szulfátok. Téli Ásványtudományi Iskola Balatonfüred, 2009. január 16–17.
5. **FARKAS IZABELLA**: Savképző folyamatok és másodlagosan kialakult szulfátok egy pirites meddőhányón. Békéscsabai Vásárhelyi Pál Műszaki Szakközépiskola, 2009. április 23.